

УДК 621.793

Ю. М. Модина^{*}, Р. Р. Валиев, К. С. Селиванов, Я. Н. Савина, Э. И. Усманов

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

^{*}*modina_yulia@mail.ru*

АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ НА УМЗ ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ VT8 М-1 И ОСОБЕННОСТИ ЕГО РАЗРУШЕНИЯ

Работа посвящена изучению адгезионных свойств вакуумно-плазменного покрытия (Ti+V)N, нанесенного на поверхность титанового сплава VT8 М-1 с крупнозернистой (КЗ) и ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой. Показано влияние УМЗ-структуры на повышение прочностных и адгезионных свойств покрытия.

Ключевые слова: титановый сплав, ультрамелкозернистая структура, интенсивная пластическая деформация, вакуумно-плазменные покрытия, адгезионная прочность

Yu. M. Modina, R. R. Valiev, K. S. Selivanov, Ya. N. Savina, E. I. Usmanov

ADHESIVE STRENGTH OF THE VACUUM-PLASMA COATING ON THE UFG TI ALLOY VT8 M-1 AND THE FEATURES OF ITS FRACTURE

This research is devoted to the study of the adhesive properties of a vacuum-plasma coating (Ti+V)N deposited on the surface of VT8M-1 titanium alloy with a coarse-grained (CG) and ultrafine-grained (UFG) structure. The influence of the UFG-structure on the increase of strength and adhesion properties of the coating was demonstrated.

Key words: titanium alloy, ultrafine-grained structure, severe plastic deformation, vacuum-plasma coatings, adhesive strength

Двухфазные титановые сплавы широко используются в качестве материалов в конструкции самолетов и двигателей благодаря их высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Сплав VT8 М-1 относится к двухфазным титановым сплавам, который име-

ет более высокую жаропрочность и термостабильность по сравнению с популярным сплавом Ti–6Al–4V [1]. Детали газотурбинного двигателя (ГТД) эксплуатируются в высоко нагруженных состояниях, поэтому к ним применяются повышенный комплекс требований, который определяет работоспособность конструкционных материалов. Формирование УМЗ-состояния в металлах и сплавах с помощью различных методов интенсивной пластической деформации (ИПД) является одним из наиболее эффективных подходов для повышения прочности и пластичности, который значительно увеличивает предел выносливости и другие эксплуатационные свойства [2]. Сочетание ИПД с традиционными методами пластической деформации [3] и создание новых подходов и методов обработки [3; 4] являются перспективными направлениями в развитии ИПД и внедрении коммерческих технологий производства УМЗ-материалов. Ротационная ковка (РК) один из новых промышленных методов, принцип которого заключается в высокочастотной деформации металла бойками по квазисхеме всестороннего сжатия. Важным преимуществом РК является возможность масштабирования, связанного с увеличением геометрических размеров (диаметра и длины) получаемых заготовок. Как известно, лопатки ГТД также испытывают высокие эрозионные и коррозионные воздействия в процессе эксплуатации, поэтому защита поверхности деталей из титановых сплавов достигается нанесением вакуумно-плазменных покрытий на основе нитридов и карбидов тугоплавких элементов с целью повышения сопротивления коррозионным и эрозионным внешним воздействиям [5].

Выявлено, что исходная структура прутков титанового сплава BT8 M-1 представляет собой смешанную глобулярно-пластинчатую структуру. Средний размер первичной α -фазы составил ~ 5 мкм, а ее доля в сплаве — 65 %, толщина α -ламелл — 0,2 мкм. После РК микроструктура образца имеет смешанную структуру, состоящую из первичной α -фазы и пластинчатой составляющей α -фазы и β -фазы, которая практически полностью трансформируется в глобулярную. При этом первичная α -фаза имеет вытянутую и изогнутую форму, ее ширина составила $1,4 \pm 0,2$ мкм, а длина — $4,8 \pm 0,2$ мкм, объемная доля в сплаве — 65 %. Ширина пластин составила $0,16 \pm 0,08$ мкм, а длина — $0,87 \pm 0,06$ мкм.

Вакуумно-плазменное покрытие (Ti+V)N напыляли на образцы в виде дисков толщиной 5 мм одновременно с двух электродуговых испарителей, используя установку Ферри-ВАТТ. Архитектура покрытия

(Ti+V)N состояла из двух основных слоев (Ti+V)N с промежуточным подслоем V и TiV (рис. 1), общая толщина покрытия ~ 6 мкм.

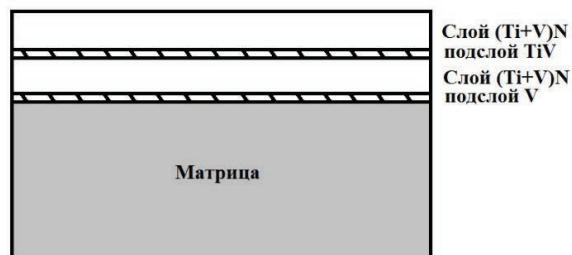


Рис. 1. Схематическая иллюстрация архитектуры покрытия (Ti+V)N на поверхности УМЗ титанового сплава BT8 М-1

Проанализирована прочность покрытия (табл.) на КЗ- и УМЗ-сплаве BT8 М-1 методом «царапания» на приборе Scratch Tester (CSM Instruments). Показано, что нанесение вакуумно-плазменного защитного покрытия (Ti+V)N на подложку титанового сплава с УМЗ структурой влияет на повышение прочностных и адгезионных свойств покрытия.

Таблица

Результаты Scratch-test, индентор Роквелла с радиусом 20 мкм

| Образец | L_{c1} , Н | L_{c2} , Н |
|---------|-----------------|-----------------|
| КЗ | $4,38 \pm 0,04$ | $7,31 \pm 0,07$ |
| УМЗ | $4,49 \pm 0,04$ | $8,17 \pm 0,08$ |

Выявлено, что микротвердость покрытия зависит от микротвердости подложки (рис. 2).

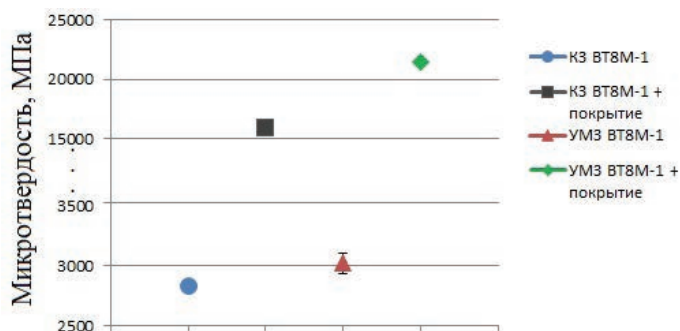


Рис. 2. Микротвердость покрытия и подложки

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ
в ФГБОУ ВО «УГТУ» (проект № 19–79–10108).*

Литература

1. Veiga C., Davim J. P., Loureiro A. J. R. Properties and applications of titanium alloys: a brief review // Review on Advanced Materials Science. 2012. V. 32. P. 133–148.
2. Fundamentals of Superior Properties in Bulk NanoSPD Materials / R. Z. Valiev [et al.] // Materials Research Letters. 2015, V. 4. № 1. P. 1–21.
3. Semenova I. P., Raab G. I., Valiev R. Z. Nanostructured titanium alloys: New developments and application prospects // Nanotechnologies in Russia. 2014. V. 9, № 5–6. P. 311–324.
4. Valiev R. Z., Langdon T. G. Achieving exceptional grain refinement through severe plastic deformation: New approaches for improving the processing technology // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. 2011. № 10. P. 2942–2951.
5. Исследование свойств нанослойных эрозионно-стойких покрытий на основе карбидов и нитридов металлов / С.А. Мубояджян [и др.] // Металлы. 2011. № 4. С. 91–101.